

23GHz 帯電波天文業務割当周波数の意義と使用状況

国立天文台電波天文周波数小委員会 亀谷 収

要約

23GHz 帯無線伝送システムが検討されている 23.2~23.6GHz に隣接する電波天文業務の周波数として、22.21GHz~22.5GHz および 23.6GHz~24.0GHz が割当てられています。前者には、主に水分子輝線があり、後者には、主にアンモニア分子輝線が存在します。いずれも、電波天文学にとっては、非常に重要でかつ国内外で広く頻繁に使われている周波数帯です。国内にはこの周波数の観測を行っていたり、行う可能性が高い電波天文観測局が 13 局以上あります。帯域が 1 度に 1GHz 以上とれるものが殆どで、多くの場合 22.2GHz~24.0GHz の帯域をカバーしています。観測局または観測者により、上記のいずれかの分子輝線の観測を行っています。

(1)アンモニア分子輝線の天文学的意義

私たちの銀河系や銀河には、水素分子を主成分とする分子雲が多数存在していて、その中には、水分子、アンモニア分子、一酸化炭素分子をはじめとする分子が混じっています。これらの分子は量子力学的に決められた飛び飛びのエネルギー順位を持ちながら独楽のように回転しています。分子雲中の密度が高い領域では、これらの分子が水素分子と衝突する時に、エネルギー順位が変化し、そのエネルギーの差分に相当する固有の周波数の電波を放射します。分子雲からの電波を地上の電波望遠鏡で観測すると、どのエネルギー順位の遷移がどの程度の強度で放射されているかが分かります。

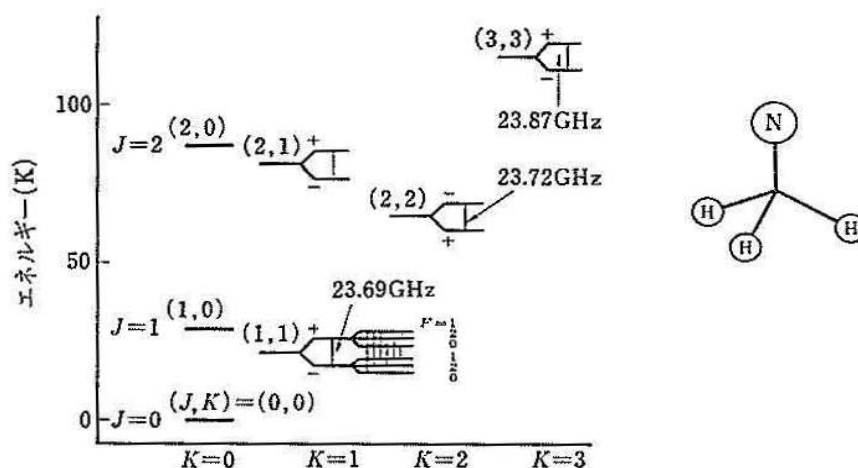


図 1 : (左)アンモニア分子のエネルギーレベルと遷移 (右)分子モデル

アンモニア分子の場合は、 $(J,K)=(1,1)$: 23.69450GHz 付近、 $(2,2)$: 23.72263GHz 付近、 $(3,3)$: 23.87012GHz 付近などの遷

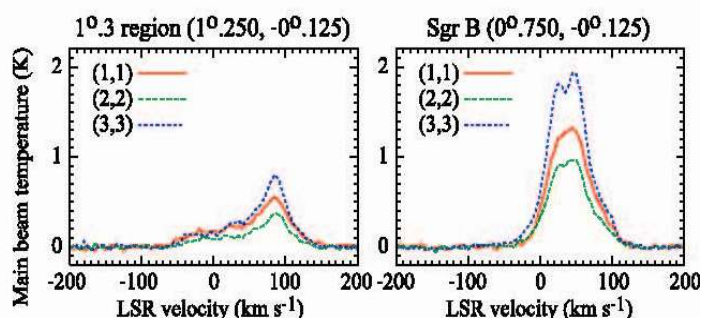


図 2 : アンモニア輝線のスペクトルの例

移の輝線が 23.6GHz~24.0GHz の周波数帯に多数存在し、分子雲からの各々の遷位の電波強度を比較する事で、分子雲の温度、密度、アンモニア分子の量といった物理量を精度よく推定する事が出来ます。また、ドップラー効果によって生じた元々の周波数からのずれ量を測定することにより、分子雲の地球との相対運動、分子雲の内部の相対運動も高精度で測定できます。これにより、分子雲の進化、その中での星形成の起こるプロセスの解明等に極めて重要な情報を得る事ができます。国内でもこの観測周波数帯で数多くの研究論文が報告されています。

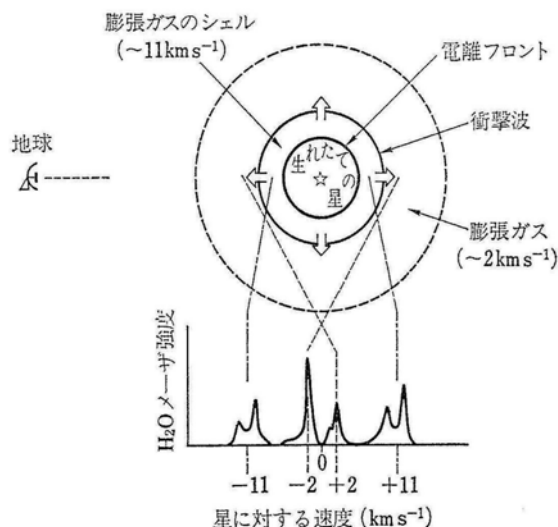


図3：水分子輝線の見え方とモデル

(2) 水分子輝線の天文学的意義

アンモニア分子同様に、水分子も分子雲中に多量に存在しています。これらの分子雲中で生まれつつある星の周囲で高密度の特殊な環境になり、(6,16-5,23 F=6-5) : 22.235080GHz のメーザー（レーザーの電波版）の強力な電波を放射する場合があります。同様の現象が、星が一生を終る時に星から放出された多量のガスが星の周囲でメーザー放射を行います。また、NGC4258 銀河の中心部にあるブラックホールの周囲の水分子ガスが、やはりメーザー放射を行い、この観測から、中心のブラックホールの質量が太陽の数千万倍と求められる場合があります。この様に、水分子輝線は、天

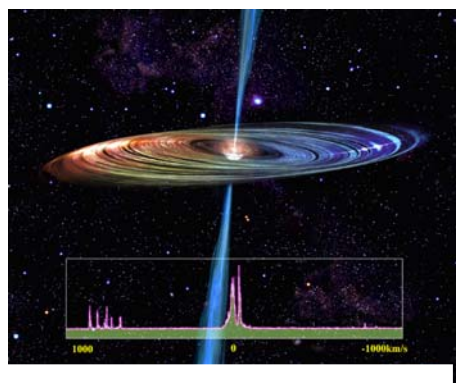


図4：NGC4258 中心部のブラックホールと水メーザー

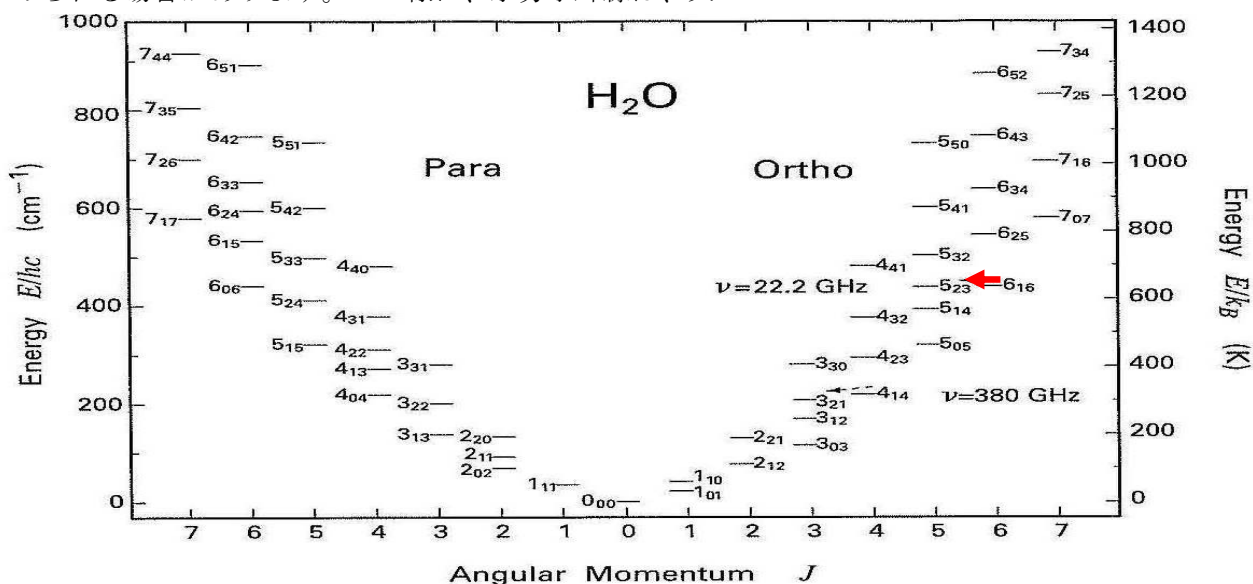


図5：水分子のエネルギーレベルと遷移

文学の色々な対象で強い電波を放射するので、国内外で非常に多くの観測研究がなされています。

(3)国内の電波望遠鏡で 22GHz 及び 23GHz 観測の実績がある観測所

北海道大学苫小牧 11m (141E35'48"、42N40'25") 23GHz のアンモニア観測の出版あり。また、水素再結合線の H65 α (23.40428 GHz) と H66 α (22.36417 GHz), H83 β (22.19647 GHz) の観測を昨年度より開始。

国立天文台鹿児島 6m (130E30'25"、31N27'51") 鹿児島大と共同研究 23GHz のアンモニア観測の出版あり

国立天文台野辺山 45m (138E28'21"、35N56'40") 23GHz のアンモニア観測の出版あり

国立天文台 VERA20m 水沢局 (141E07'57"、39N08'01")、入来局 (130E26'24"、31N44'52")、小笠原局 (142E13'00"、27N05'31")、石垣島局 (124E10'16"、24N24'44") 23GHz のアンモニア観測の実績あり。

国立天文台水沢 10m (141E07'56"、39N08'00") 23GHz のアンモニア観測の実績あり。

NICT 鹿嶋 34m (140E39'36"、35N57'21") 過去に 23GHz のアンモニア観測の実績あり。22GHz 帯は水蒸気の吸収線として視線方向の水蒸気積分量計測にも使用。

国土地理院 32m (140E05'20"、36N06'11") 共同研究を行っている筑波大グループにより 23.6～25.1 GHz のアンモニア(J,K)=(1,1)–(6,6)の同時観測を 銀河面サーベイ、オリオン分子雲、近傍銀河について現在観測中。

(4)上記以外に、22GHz 帯の観測実績があるか、22GHz 帯および 23GHz 観測の可能性のある観測所

国立天文台山口 32m (131E33'26"、34N12'58")、国立天文台茨城 32m2 台 (140E 41' 32"、36N 41' 51")、岐阜大学 11m (136E44'14"、35N28'03")、JAXA 白田 64m (138E21'46"、36N07'57")

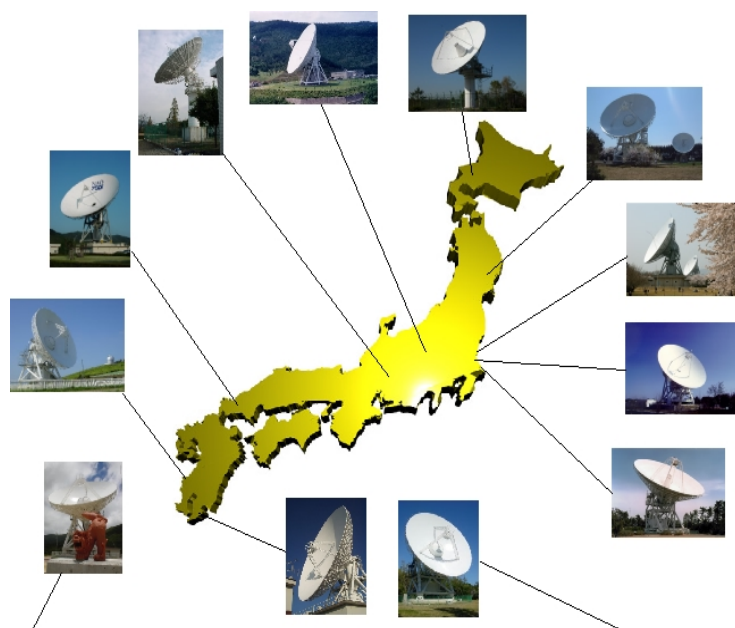


図 5 : 国内の電波望遠鏡群の一部 :
Japanese VLBI Network

(5)最近の成果論文の例 (ごく一部のみ紹介)

Sorai, K. et al. Publ. Astron. Soc. Japan, 60, 1285-1296, 2008.

Nagayama, T. et al. Publ. Astron. Soc. Japan, 61, 1023-1037, 2009.

VERA 特集号 Publ. Astron. Soc. Japan, 60, No.5, 2008.

VERA 特集号 Publ. Astron. Soc. Japan, 63, No.1, 2011.